

配电网规划人员培训专用书

配电网规划知识及问答

柳春芳 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

配电网规划人员培训专用书

配电网规划知识及问答

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|--|
| 主 编 | 柳春芳 | | | |
| 参 编 | 陈安明 | 梁唐杰 | 周 芬 | |
| | 李锦华 | 温文超 | 邓海宏 | |
| | 梁辉平 | 陈增胜 | 彭银锭 | |
| | 徐 盟 | 陈 源 | 张 斌 | |
| | 赵 洪 | 朱敏捷 | 方玉艺 | |
| | 招伟欣 | 王天智 | 王崇斌 | |
| | 吴 民 | 练振辉 | 王 璐 | |
| | 黄友珍 | 汤清岚 | | |

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书内容主要包括配电网基础理论知识,电网行业有关配电网规划、设计、建设、运行、设备及管理等标准和规范,以及配电网投资估算和经济评价三个部分。因此,本书分为3章,第1章是配电网基础理论知识及测试,第2章是电网行业相关标准和规范及测试,第3章是配电网投资估算和经济评价及测试。每一章都包括知识概述和测试题两部分。通过测试题让读者更加牢固地掌握知识点,加深对配电网知识的理解,提升配电网规划业务水平。

图书在版编目(CIP)数据

配电网规划知识及问答/柳春芳主编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.9
ISBN 978-7-5680-0398-8

I. ①配… II. ①柳… III. ①配电系统-电力系统规划-问题解答 IV. ①TM715-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 212584 号

配电网规划知识及问答

柳春芳 主编

策划编辑:谢 婧

责任编辑:熊 慧

封面设计:刘 卉

责任校对:邹 东

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:虎彩印艺股份有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:10.25

字 数:256千字

版 次:2014年9月第1版第1次印刷

定 价:49.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

当今的中国在经济发展、人民生活和技术应用领域都取得了举世瞩目的进步,配电系统是保证和支撑这些进步非常关键的基础设施。而配电网规划是配电网建设投资决策中的关键环节,为电力企业实现可靠、经济与效益三者协调统一提供保障。因此,配电网规划工作人员全面系统地掌握配电网规划相关知识非常重要,他们需要有更为系统的专业知识和更具前瞻性的业务能力。

编者根据多年从事配电网规划及设计的工作经验,将本书的主要内容分为配电网基础理论知识,电网行业有关配网规划、设计、建设、运行、设备及管理等标准和规范,以及配电网投资估算和经济评价等三个部分。这三个部分均包含知识点概述和有代表性的测试题。阅读本书,能够帮助读者加深对配电网知识的理解,提升配电网规划业务水平。

本书分为知识点概述和测试题,包括3章,第1章是配电网基础理论知识及测试,第2章是电网行业相关标准和规范及测试,第3章是配电网投资估算和经济评价及测试。本书是配电网规划人员自学、培训、测试以便快速掌握配电网规划相关知识的良师益友。

本书的出版得到了华中科技大学出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于作者的水平所限,在编写中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者指正。

编 者

2014年6月于佛山

目 录

| | |
|--------------------------------|------|
| 1 配电网基础理论知识及测试 | (1) |
| 1.1 知识概要 | (1) |
| 1.1.1 配电网及其规划设计概述 | (1) |
| 1.1.2 负荷预测与电力平衡 | (2) |
| 1.1.3 规划设计的技术原则 | (3) |
| 1.1.4 供电设施 | (8) |
| 1.1.5 继电保护、自动化及其信息管理 | (10) |
| 1.2 配电网基础理论知识测试题 | (14) |
| 1.2.1 填空题 | (14) |
| 1.2.2 判断题 | (15) |
| 1.2.3 单选题 | (17) |
| 1.2.4 多选题 | (22) |
| 1.2.5 简答题 | (26) |
| 1.2.6 论述题 | (28) |
| 2 电网行业相关标准和规范及测试 | (31) |
| 2.1 知识概要 | (31) |
| 2.2 国家与行业有关的标准和规范测试题 | (32) |
| 2.2.1 填空题 | (32) |
| 2.2.2 判断题 | (34) |
| 2.2.3 单选题 | (36) |
| 2.2.4 多选题 | (40) |
| 2.2.5 简答题 | (46) |
| 2.2.6 论述题 | (48) |
| 2.3 中国南方电网的相关标准和规范测试题 | (49) |
| 2.3.1 填空题 | (49) |
| 2.3.2 判断题 | (52) |
| 2.3.3 单选题 | (55) |
| 2.3.4 多选题 | (61) |
| 2.3.5 简答题 | (67) |
| 2.3.6 论述题 | (69) |
| 3 配电网投资估算和经济评价及测试 | (73) |
| 3.1 知识概要 | (73) |
| 3.1.1 投资估算指标 | (73) |
| 3.1.2 投资估算 | (73) |
| 3.1.3 电力工程定额 | (77) |

| | | |
|-------|------------------|-------|
| 3.1.4 | 经济评价 | (79) |
| 3.1.5 | 配电网工程建设预算编制与计算标准 | (84) |
| 3.1.6 | 项目后评价 | (86) |
| 3.2 | 配电网投资估算及经济评价测试题 | (87) |
| 3.2.1 | 填空题 | (87) |
| 3.2.2 | 判断题 | (90) |
| 3.2.3 | 单选题 | (92) |
| 3.2.4 | 多选题 | (98) |
| 3.2.5 | 简答题 | (104) |
| 3.2.6 | 论述题 | (106) |
| 附录 A | 测试题答案 | (108) |
| 参考文献 | | (155) |

1 配电网基础理论知识及测试

1.1 知识概要

1.1.1 配电网及其规划设计概述

1. 配电网分类

配电网按电压等级来分类,可分为高压配电网(35~110 kV)、中压配电网(6~10 kV)和低压配电网(220~380 V)。

2. 配电网规划年限与各阶段要求

配电网的规划年限应与国民经济发展规划和城市总体规划的年限一致,一般规定为近期(5年)、中期(10年)和远期(20年)三个阶段。

近期规划应着重解决当前城乡电网存在的主要问题,逐步满足负荷发展的需要,提高供电质量的可靠性。要依据近期规划编制年度计划,提出逐年改造和新建的项目。

中期规划应与近期规划相衔接,着重将城乡电网结构及设施有步骤地过渡到规划网络,并对大型项目进行可行性研究,做好前期工作。

远期规划主要考虑城乡电网的长远发展目标,研究确定电源布局和规划网络,使之满足远期预测负荷水平的需要。

3. 配电网设计的一般要求

- (1) 遵守规程,执行政策;
- (2) 安全可靠,先进合理;
- (3) 近期为主,考虑发展;
- (4) 全局出发,统筹兼顾。

4. 配电网规划的主要内容

- (1) 分析电网布局与负荷分布的现状。
- (2) 负荷预测。
- (3) 确定规划各期的目标、电网结构原则和供电设备的标准化,包括中低压配电网的改造原则。
- (4) 进行有功、无功电力平衡,提出城网供电电源点(发电厂、220 kV 及以上的变电所)的建设要求。对于农网,要注意到在优先发展城市大电网供电的前提下,因地制宜地大力发展小水电。
- (5) 分期对城乡电网结构进行整体规划。
- (6) 确定城乡电网变电所的地理位置、线路路径,确定分期建设的工程项目。
- (7) 确定调度、通信、自动化等的规模和要求。

- (8) 估算各规划期需要的投资、主要设备的规范和数量。
- (9) 估算各规划实现后的经济效益和扩大供电能力后取得的社会经济效益。
- (10) 编写规划说明书及绘出各规划期末的城网规划地理位置结构图(包括现状接线图)。

1.1.2 负荷预测与电力平衡

1. 电量需求特性指标

电量需求的特性指标主要有年平均增长率、电力弹性系数、用电单耗等。

(1) 年平均增长率。若起始年和终止年的电量分别为 W_0 、 W_n ，则电量年平均增长率 β_w 为

$$\beta_w = \sqrt[n]{\frac{W_n}{W_0}} - 1 \quad (1-1)$$

(2) 电力弹性系数。国内外常用电力弹性系数 K_w 来描述电量增长与国民生产总值增长的关系，即

$$K_w = \frac{\beta_w}{\beta_A} \quad (1-2)$$

式中： β_A ——国民生产总值的年平均增长率。

$$\beta_A = \sqrt[n]{\frac{A_n}{A_0}} - 1 \quad (1-3)$$

式中： A_0 、 A_n ——计算期始、末的国民生产总值。

(3) 用电单耗。 i 行业的用电单耗 C_i 反映该行业生产效率，它用下式求出，即

$$C_i = \frac{W_i}{A_i} \quad (1-4)$$

式中： W_i 、 A_i —— i 行业的用电量和产值(产量)。

2. 负荷的同时率

由于各用户或各地区的最大负荷 P_{maxi} 一般不在同一时刻出现，它们之间有时差效应或错峰效应，此特点常用负荷的同时率 K_t 表示，即

$$K_t = \frac{P_{max}}{\sum_{i=1}^m P_{maxi}} \quad (1-5)$$

式中： P_{maxi} —— i 用户(地区)的最大负荷；

P_{max} ——配电网总的最大负荷。

3. 相关系数

在求回归方程的过程中，并没有事先假设两个变量之间有线性关系，就方法本身而言，即使是平面图上一堆完全杂乱无章的散点，也可以用最小二乘法给它们配一条直线来表示 x 与 y 之间的关系，但是，这样做是否有实际意义，还需要进行统计检验。即要用一个数量性的指标来描述两个变量线性关系的密切程度，这个指标就称为相关系数，通常用 R 表示。

4. 最大负荷利用小时 T_{zd}

假定测计时段电压与功率因数都不变，在时段 T 内，某元件在变化电流下所通过的电能等于在最大电流下持续时间 T_{zd} 所通过的电能，则称 T_{zd} 为最大负荷利用小时，即

$$T_{zd} = \frac{A}{P_{zd}} \quad (1-6)$$

1.1.3 规划设计的技术原则

1. 容载比

容载比是配电网变电容量(kV·A)在满足供电可靠性基础上与对应的负荷(kW)之比值,是宏观控制变电总容量的指标,也是规划设计时布点安排变电容量的依据。

容载比是反映配电网供电能力的主要技术经济指标之一。容载比过大,电网建设早期投资增大;容载比过小,电网适应性差,影响供电。

容载比与变电所的变压器台数、用户的重要性、同时率、功率因数等有关,在电网规划时,应根据所规划区的经济发展情况,合理选择其数值。

2. 配电网接线

(1) 各级电压电网的接线应标准化;

(2) 高压配电网接线力求简化;

(3) 下一级电网应能支持上一级电网。

3. N-1 准则

(1) 高压变电所中失去任何一回进线或一组降压变压器时,必须保证向下一级配电网供电。

(2) 高压配电网中的一条架空线、一条电缆线或变电所中一组降压变压器停运时,在正常情况下,除故障段外其他区段不得停电,并不得发生电压过低和设备不允许的过负荷;在计划停运情况下又发生故障停运时,允许部分停电,但应在规定时间内恢复供电。

(3) 低压配电网中当一台变压器或电网发生故障时,允许部分停电,并尽快将完好的区段在规定时间内换至邻近电网,恢复供电。

4. 故障停电

故障停电是指供电系统无论何种原因未能按规定程序向调度提出申请,并在6h(或按供电合同要求的时间)前得到批准且通知主要用户的停电。内部故障停电是指凡属本企业(指地、市级供电企业,下同)管辖范围内的电网或设施故障引起的故障停电。外部故障停电是指凡属本企业管辖范围以外的电网或设施等故障引起的故障停电。

5. 预安排停电

预安排停电是指凡预先已作出安排,或在6h(或按供用电合同要求的时间)前得到调度批准并通知主要用户的停电。计划停电是指有正式计划安排的停电。检修停电是指按检修计划要求安排的检修停电。施工停电是指系统扩建、改造及迁移等施工引起的有计划安排的停电(检修停电及施工停电,按管辖范围的界限,分别有内部和外部两种情况)。用户申请停电是指由用户本身提出要求而得到批准,且影响其他用户的停电。

6. 配电网高压接线方式

现代大、中城市的配电网,大部分从220kV及以上电网取得电源。由于可靠性要求很高,故一般这种电网的接线方式为建于城市外围的架空线双环网。在不能形成地理环网时,也可以采用C形电气环网。环网的规划属系统规划。当负荷增长需要接入新电源而使环网的

短路容量超过规定时,应在现有环网外围建设高一电压的环网,将原有的环网开环分片运行以降低短路容量,并避免电磁环网。在负荷密集、用电量很大的市区,可采用 220 kV 接入市区的供电方式。此种为市区供电的 220 kV 线路和变电所属城网规划范围。

高压配电网包括 110 kV、63 kV 和 35 kV 的线路和变电所。根据采用的架空线或电缆及变电所中变压器的容量和台数,选择接线方式(一般为有备用)。变电所接线要尽量简化。采用架空线路时,以两回路为宜。采用电缆线路时可分多回路。为充分利用通道,市区高压架空线可同杆双回路架设。为避免双回路同时故障停电而使变电所全停,应尽可能在双侧设有电源。条件不具备时,可加强中压电网的联络,在双回路同时故障时,由中压电网供给电力。

由于城网变电站相距近,高压线故障机会少,所以 2T 和 3T 接线应用较多。不论是采用架空线还是电缆,当线路上 T 接或环入 3 个及以上变电所时,线路宜在两侧设有电源,但正常运行时两侧电源不并列。

对直接接入高压配电网的小型供热电厂或自备电厂,一般采用单电源辐射式向附近供电,随着城网负荷的增长,逐步缩小这些电厂的供电范围。这些电厂与系统的连接方式,若通过高压配电线,则一般考虑在运行上仅与一个高一电压的系统变电所相连,并在适当地点设解列点。高压配电网的接线方案一般通过最后的技术经济比较选取。

为了节约城市用地,尽量简化变电所接线,高压变电所常用无母线的线路变压器组和桥接线。

高压变电所二次侧母线常采用单母线分 2 段或 3 段的接线方式,也有的采用双母线或双母线带旁路母线的接线方式。

7. 中压配电网规划原则

(1) 中压配电网应依据高压变电所的位置和负荷分布分成若干相对独立的分区。分区配电网应有大致明确的供电范围,一般不交错重叠。分区配电网的供电范围将随新增加的高压配电变电所及负荷的增长而进行调整。

(2) 高压变电所中压出线开关停用时,应能通过中压配电网转移负荷,对用户不停电。

(3) 高压变电所之间的中压配电网应有足够的联络容量,正常时开环运行,异常时能转移负荷。

(4) 严格控制专用线和不带负荷的联络线,以节约走廊资源和提高设备利用率。

(5) 中压配电网应有较强的适应性,主干线导线截面应按长远规划选型并一次建成。在负荷发展不能满足需要时,可增加新的馈入点或插入新的变电所,而其结构基本不变。

8. 开式低压配电网

开式低压配电网由单侧电源采用放射式、干线式或链式供电,它的优点是投资小、接线简单、安装维护方便,但缺点是电能损耗大、电压低、供电可靠性差,以及负荷发展较困难。

9. 放射式低压配电网

由变电所低压侧引出多条独立线路供给各个独立的用电设备或集中负荷群的接线方式,称为放射式接线方式,它适用于以下情况:

(1) 设备容量不大,并且位于变电所的不同方向;

(2) 负荷配置较稳定;

(3) 单台设备容量较大;

(4) 负荷排列不整齐。

10. 中性点运行方式

我国电力系统通常可按中性点的接地方式分为如下三种:中性点不接地系统、中性点经消弧线圈接地系统和中性点直接接地系统。

1) 中性点不接地系统

中性点不接地系统的供电可靠性较高。在这种系统中发生单相接地故障时,不构成短路回路,接地相电流不大,不必切除接地相;但这时非接地相的对地电压却升高为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,因此,对绝缘水平要求高。

中性点不接地系统中,发生单相接地故障时,由于线电压保持不变,三相系统的平衡没有破坏,电力用户可以继续运行,因而供电可靠性高,这是中性点不接地系统的主要优点。在中性点不接地系统中,线路和电气设备的对地绝缘水平都是按线电压设计的,虽然非故障相对地电压升高为原来的 $\sqrt{3}$ 倍,对设备的绝缘水平并不会造成破坏,但若长期带接地故障运行,则可能会引起非故障相绝缘薄弱处的损坏,继而发展成为两相短路。所以在中性点不接地系统中,一般都设有绝缘监视装置或继电保护装置,当发生单相接地时,发出接地故障信号,使值班人员尽快采取行动,查找故障点并消除故障。规定单相接地故障时继续运行的时间不得超过 2 h。

2) 中性点经消弧线圈接地系统

消弧线圈是一个具有铁芯的可调电感线圈,它装设在变压器或发电机星形接线的中性点。当发生单相接地故障时,可消除接地处的电弧及由它所产生的危害。另外,在接地电流过零值而电弧熄灭之后,消弧线圈的存在可以显著降低故障相电压的恢复速度,从而减小了电弧重燃的可能性,使单相接地故障自动消除。

3) 中性点直接接地系统

将中性点直接与地连接的电力系统,称为中性点直接接地系统。这种系统中性点的电位固定为地电位,当某一相由于对地绝缘损坏造成接地时,便形成单相短路。

由于中性点的电位被固定为零,未接地相电位不升高,因而相对地的绝缘水平取决于相电压,这就大大降低了电力网的造价。电压等级愈高,其经济效益愈显著,这就是中性点直接接地系统的优点。

当中性点直接接地系统发生单相短路时,短路电流很大。其危害很大,故障线路不能继续运行,且在继电保护作用下,故障线路将被切除,供电连续性中断。在中性点直接接地系统中,一般只将一部分中性点接地,这样可以减小单相短路电流,同时在输电线路路上装设自动重合闸装置,以提高这种系统的供电可靠性。

目前我国电压为 220 kV 及以上的系统都采用中性点直接接地的运行方式。110 kV 系统中也大都采用中性点直接接地的运行方式。低压 380/220 V 三相四线制配电网也采用中性点直接接地的运行方式。

11. 电压偏差

电压偏差是指电网在稳态正常运行情况下,某节点的实际运行电压与电网额定电压的差值。

12. 谐波的危害

(1) 使补偿电容器大量损坏。为改善电压质量和降低 λ ,在电力系统中广泛采用并联电容器,其安装容量(Mvar)为发电机装机容量(MW)的40%~50%,而且随着负荷的变化经常投切。当谐波存在使谐频容抗和电源等值谐频感抗接近或相等时,就会导致该谐波的严重放大或谐振,从而引起电流过载或因畸变电压的尖峰值超过局部放电熄火电压,引起持续的局部闪络或发生电晕,最终导致电容器损坏。有关资料表明,谐波使电容器损坏的数量约占电容器总损坏数量的40%以上。

(2) 对继电保护、自动控制装置和计算机产生干扰和造成误动作。这些设备一般都是按工作于所加电压和电流频率为50 Hz的正弦波形而设计的,谐波的存在使它们的正常工作条件受到破坏,造成不良后果。

(3) 可能引起电动机的机械振动。由于谐波电流和电动机旋转磁场相互作用产生的脉动转矩可能使电动机发生振动,故当电动机的机械系统自然频率在受到上述转矩的激发而可能引起共振时,就会带来噪声污染,损坏电动机设备,危及人身安全等。

(4) 影响测量仪表的精度,造成电能计量误差,损害企业的经济利益。

(5) 产生附加损耗,增加设备温升,恶化绝缘条件,缩短设备寿命。与基波相比,尽管谐波电流比例不大,但设备有效电阻因集肤效应而增大,铁芯的磁滞损耗和涡流损耗也会增加。这些附加损耗除降低电网传输效率外,还使设备绝缘老化加速。同时电压畸变波形的尖峰值增大了局部放电强度,恶化了绝缘条件,缩短了设备寿命。

(6) 干扰相邻通信线路和铁路信号线路的正常工作。

13. 谐波的抑制措施

(1) 降低谐波源谐波电流含量。电力电子变流装置是配电网的大谐波源,增加其脉动数对降低谐波电流含量最为有效。

(2) 装设交流滤波器。在谐波源处装设滤波器,就地吸收谐波电流,可以使注入电网的谐波降到国标限值,这是当前最主要的抑制谐波措施。

(3) 选择合理的供电方式。对谐波大用户,采用专用的电力变压器使之与电网隔离。另外,提高供电电压,可以提高电网的短路容量,从而增大允许谐波电流的含量。因此,对大容量的谐波源,应尽可能用较高的电压等级供电。

(4) 谐波放大抑制措施。并联电容器补偿对谐波有放大作用,加剧了电网电压畸变和电容器的损坏,为了消除这种影响,经实测和计算后,在电容器上加装适当的串联电抗器或在低谷负荷时切除部分电容器,都可取得良好效果。

14. 配电网的调压措施

1) 改变无功功率分布

改变中压配电网的无功功率分布,提高线路功率因数,是降低配电网线损及电压损失,实现调压的有效手段。通常可采用以下手段。

(1) 并联电容器补偿。并联电容器补偿可提高线路功率因数,减少线路无功传输,从而减少线路电压损耗及线损,实现调压的目的。

(2) 并联电抗器补偿。配电网功率因数超前的线路及电缆线路,在轻负荷下可能会出现线路末端电压升高,并联电抗器补偿可在轻载时吸收多余无功功率,保持线路电压质量。

(3) 静止补偿器补偿。对于负荷变化剧烈、波动较大及冲击负荷,常常由于负荷的变化引起电压的大幅波动,并联电容器及并联电抗器补偿不能及时迅速地调整电压,通常采用静止补偿器补偿。

2) 改变变压器分接头位置

对于无功功率充足的系统,采用变压器抽头调压是非常经济和有效的方法。变压器抽头调压就是利用装在变压器高压侧的分接开关,改变变压器高压侧绕组的匝数,从而改变低压侧的输出电压。变压器按调压方式可分为无载调压变压器和有载调压变压器。

3) 改变参数调压

为了减少配电网线路的电压损失,可通过减小线路参数的方法调压。具体可通过增大导线截面、线路串联电容器补偿等方法实现。

15. 无功补偿设备的合理配置原则

为了最大限度地减少无功功率的损耗,提高输电设备的效率,无功补偿设备的配置应按照“就地补偿,分级分区平衡”的原则进行规划,合理布局而且要满足以下几点要求。

(1) 总体平衡与局部平衡相结合。要做到城乡电网的无功功率平衡,首先要满足整个县级电网的无功功率平衡,其次要同时满足各个分站、分线的无功功率平衡。如果无功电源的布局选择不合理,局部地区的无功功率就不能就地平衡;会造成一些变电所或者一些线路的无功功率偏多,电压偏高,过剩的无功功率就要向外输出;也可能造成一些变电所或一些线路的无功功率不足,电压下降,必然要向上级电网吸取无功功率。这样仍会造成不同分区之间无功功率的远距离输送和交换,使电网的功率损耗和电能损耗增加。所以,在规划时就要在总体平衡的基础上,研究各个局部的补偿方案,获得最优化的组合,只有这样才能达到最佳的补偿效果。

(2) 电业部门补偿和用户补偿相结合。统计资料表明,用户消耗的无功功率约占50%;在工业网络中,用户消耗的无功功率约占60%;其余的无功功率消耗在供用电网络中。因此,要尽可能地实现无功就地补偿、就地平衡,根据总的无功功率需求,充分发挥供电部门和用户的积极性,共同进行补偿,只有这样才能搞好无功功率的设置和管理。

(3) 分散补偿与集中补偿相结合,以分散补偿为主。无功补偿既要达到总体平衡,又要满足局部平衡;既要开展电业部门的补偿,又要进行用户的补偿。这就必然要采取分散补偿与集中补偿相结合的方式。集中补偿是指在变电所集中装设容量较大的补偿设备进行补偿;分散补偿是指在配电网中的分散区(如配电线路、配电变压器用户的用电设备等)分散进行的无功补偿。

变电所的集中补偿主要是补偿主变压器本身的无功损耗,以及减少变电所以上供电线路的无功功率,从而降低供电网络的无功损耗,但它不能降低配电网的无功损耗,因为用户需要的无功功率仍需要通过变电所以下的配电线路向负荷输送,所以,为了有效地降低线损,必须进行分散补偿。又由于配电网的线损占全网总损失的70%左右,因此,应当以分散补偿为主。

(4) 降损与调压相结合,以降损为主。利用并联电容器进行无功补偿,其主要目的是达到功率就地平衡,减少网络中的无功损耗,以降低线损。与此同时,也可以利用电容器组的分组投切,对电压进行适当调整。

16. 配电网无功补偿方式

配电网中目前采用的无功补偿方式主要有以下几种方式。

1) 变电所高压集中补偿

这种补偿方式是将高压并联电容器组集中装设在变电所的 10 kV 母线上,用以补偿主变压器的空载无功损耗,相应地减少变压器的容量,或增加变压器所带的有功负荷,并就近供应 10 kV 线路本身及其所带用电设备的无功功率,同时可以利用电容器组的投切装置进行调压,改善电能质量。

2) 线路补偿

这种补偿方式是将电容器分散安装在 10 kV 配电线路上,以补偿线路的无功损耗。

3) 随器补偿

随器补偿是将电容器安装在配电变压器的低压侧,用以补偿配电变压器的空载无功功率和漏磁无功功率。

4) 随机补偿(单机补偿)

随机补偿是将电容器装设在电动机旁,补偿电动机消耗的无功功率。

5) 低压侧集中补偿(分组补偿)

这种补偿方式是将电容器集中安装在低压母线上,利用自动开关进行自动投切,以补偿低压配电线路和所带电气设备的无功损耗。

1.1.4 供电设施

1. 配变台区选址原则

- (1) 尽量靠近负荷中心;
- (2) 尽量靠近电源侧;
- (3) 进出线方便;
- (4) 尽量避开污秽源,或设在污秽源的上风侧;
- (5) 尽量避开易产生振动、潮湿、高温及有易燃易爆危险的场所;
- (6) 设备运输方便;
- (7) 具有扩建和发展的余地。

尽量靠近负荷中心是选择配变台区选址的一条很重要的原则,但不是唯一原则;配电变压器安装位置的选择,关系到保证低电压质量、减少线损、安全运行、降低工程投资、施工方便及不影响市容等。最终确定台区安装位置,应从实际出发,全面考虑,除尽量靠近负荷中心外,还应兼顾其他原则。

2. 配变台区位置选择方法

- (1) 按负荷中心确定配变台区位置:
 - ① 用直观方法(粗略地)确定负荷中心;
 - ② 用计算方法(近似地)确定负荷中心。
- (2) 按电压损耗最小确定配变台区位置。
- (3) 按功率损失最小确定配变台区位置。
- (4) 按线路总长度最小确定配变台区位置和按导线总重量最小确定配变台区位置。

3. 配变台区类型及其优缺点和适用范围

配变台区类型及其优缺点和适用范围如表 1-1 所示。

表 1-1 配变台区类型及其优缺点和适用范围

| 序号 | 类型 | 型式 | 优缺点 | 适用范围 |
|----|-----|-------|------------------------------|--------------------|
| 1 | 户外型 | 杆上式 | 经济、简单,但维护条件差 | 变压器容量小、负荷不重要的场所 |
| 2 | | 露天式 | 变压器露天安装而配电室在屋内,维护条件有所改善 | 村镇小型工厂及个体企业 |
| 3 | | 箱式变 | 运行、维护方便可靠,但造价高 | 乡镇大型工厂 |
| 4 | 户内型 | 独立变 | 不受生产场地影响,但建筑费高 | 工厂车间分散,远离易燃易爆危险场所 |
| 6 | | 厂房内式 | 深入负荷中心,技术性能好,占用生产面积小,要求防火条件高 | 车间设备用电设备较大且技术经济性能好 |
| 7 | | 附设式 | 建筑费用低,不用或少用生产场地 | 生产场地面积大,生产场地设备不稳定 |
| 7 | 隐藏型 | 地下放空式 | 隐蔽、安全、不占场地,但造价高 | 县市级及以上城市结合人防工程建设 |

4. 导线截面选择的基本要求

- (1) 导线截面应满足经济电流密度的要求,保持线路有较好的经济运行状态;
- (2) 导线截面必须满足电压损耗的要求,保证有较好的供电电压质量要求;
- (3) 导线截面必须满足导线长期允许发热要求,其长期通过的最大工作电流应小于其允许长期载流量;
- (4) 导线截面必须满足机械强度要求,保证运行具有一定的安全性;
- (5) 满足保护条件要求,以保证自动空气开关或熔断器能对导线起到保护作用。

5. 导线截面选择的基本方法

1) 按经济电流密度选择导线截面

当负荷电流通过导线时,在导线上将产生电能损耗,这种电能损耗与负荷电流大小和导线的截面有关,在相同的负荷电流下,导线截面积越大,其电能损耗越小,但相应的导线购置与维修费用也越大。经济电流密度就是考虑以上综合因素后,由国家计算确定的,使导线运行较为经济合理的单位截面积上流过的电流值。

2) 按导线允许载流量选择导线截面

导线中通过的电流越大,温度越高。当导线温度升高时,由于接触电阻大、发热多,因此导线接头处、导线与电器连接处温度更高。接头处温度升高,可能使接头表面严重氧化,加大了接触电阻,形成恶性循环,降低导线强度,甚至把导线烧红、烧断,造成事故或灾害。对于绝缘导线,温度过高可能造成绝缘损坏。所以,导线的温度不能过高,裸导线的最高允许温度为 $+70^{\circ}\text{C}$ 。绝缘导线的允许温度与绝缘材料、结构等因素有关。为了使导线的温度不超过允许温度,必须限制通过导线的电流。导线中所能通过的最大电流称为允许电流,用 I_y 表示,有的地方也称安全电流。

根据允许电流的定义可知,裸导线的允许电流与导线材料、结构及截面大小有关,同时还与周围的环境气温有关。环境气温愈高,导线的允许电流愈小。

3) 根据允许电压损失选择导线截面

按允许电压损失选择导线截面应满足下列原则条件:

$$\text{线路电压损失} \leq \text{允许电压损失}$$

4) 校验架空线路导线的机械强度

架空线路的导线应有足够的机械强度。

6. 电力电缆的基本结构

电缆由线芯导体、绝缘层和保护层三部分组成。线芯导体要有好的导电性,以减少输电时线路上能量的损失;绝缘层的作用是将线芯导体间及保护层相隔离,因此必须绝缘性能、耐热性能良好;保护层又可分为内护层和外护层两部分,用来保护绝缘层,使电缆在运输、贮存、敷设和运行中,绝缘层不因外力而造成损伤和防止水分的浸入,故应有一定的机械强度。在油浸纸绝缘电缆中,保护层还具有防止绝缘油外流的作用。

7. 载流量

载流量是指某种电缆允许传送的最大电流值。电缆中流过电流时,线芯导体会发热,绝缘层中会产生介质损耗,保护层中有涡流损耗等。因此,运行中的电缆是一个发热体。如果在某一状态下发热量等于散热量,则电缆就有一个稳定温度,刚好使导线的稳定温度达到电缆最高允许温度时的载流量,称为允许载流量或安全载流量。

8. 电缆截面的选择

选择电缆截面,应从以下几个方面考虑,并从中选取最大者。

(1) 根据电缆的长期允许载流量选择电缆截面。

为了保证电缆使用寿命,在使用时电缆的导体温度不应超过长期允许工作温度。因此在选用电缆截面时,应满足下列条件:

$$\text{电缆长期允许载流量} \geq \text{通过电缆的最大持续负载电流}$$

(2) 根据电缆在短路时的热稳定性选择电缆截面。

(3) 根据经济电流密度来校核电缆截面。

以长期允许载流量选择电缆截面,只考虑了电缆的长期允许温度,若绝缘结构具有高的耐热等级,则载流量可取得很高。但是,功率损耗与电流的平方成正比,所以,有时要根据经济电流密度来选择电缆截面。

(4) 根据供电网络中的允许电压降来校核电缆截面。

当电力网络中无调压设备而电缆截面较小、线路长度较长时,为了保证电压质量,应按允许电压降校核电缆截面。

1.1.5 继电保护、自动化及其信息管理

1. 漏电保护装置

漏电保护装置是指针对用电设备外壳用“接零”或直接接地方式,当设备绝缘损坏使外壳带电时,通过反映人身触电而产生的漏电流来动作并切断电源的保护装置。它起到保障人身安全和防止线路漏电可能引起的火灾事故的作用。除此之外,漏电保护还可作为线路接地故障的后备保护。

2. 交流高压自动重合器

交流高压自动重合器简称重合器,是一种具有控制及保护功能的高压开关设备,它能够按

照预定的开断和重合顺序在线路短路故障时自动进行开断和重合操作,并在其后自动复位和闭锁。由于微机智能控制技术的应用,重合器本身具有故障电流的检测、控制、保护、重合闸(多次重合)和与上级计算机通信以实现遥测、遥信、遥控功能,无须另设常规的继电保护和自动重合闸装置及提供操作电源,因此重合器不仅适合装于室内,而且特别适合户外和野外安装,甚至可以就近安装在杆塔上面。重合器的应用极大地减少了占地面积和基建投资。

3. 自动分段器

配电网自动分段器(automatic line sectionalizer)简称分段器,是一种与电源侧前级开关设备(断路器或重合器)相配合,在无电压或无电流的情况下自动分闸的开关设备。它串联于断路器或重合器的负荷侧。当发生永久故障时,它在进行了预定“记忆”次数的分合闸操作后,闭锁于分闸状态而隔离故障线路区段,由重合器或断路器恢复对电网其他部分的供电,使故障停电范围限制到最小;当发生瞬时故障时,重合器(或断路器加常规重合闸)跳闸,因分段器预期的记忆次数达不到要求而不分闸,在重合器第一次重合闸后,即可恢复正常供电。

分段器按其识别故障原理,可分为过流脉冲计数型和电压-时间($u-t$)型两大类,后者又称重合式分段器。分段器也有单相与三相、液压控制与电子控制之分。分段器与重合器在结构上最大的不同之处是取消了灭弧室,从而使制造成本降低。分段器的电子控制装置与重合器的一样,目前多采用微型智能控制装置。

4. 重合器、分段器和熔断器的特点

重合器是智能综合自动化开关设备,集断路器、继电保护和重合闸功能于一体,具有分、合闸短路电流的能力。其电子控制器(微型)可整定各种动作电流、动作时间、重合闸次数等参数,与熔断器和分段器配合使用可实现配电网的继电保护和重合闸功能。

熔断器具有固定的熔断电流和熔断时间特性,与重合器配合使用,在瞬时性故障时不熔断,永久性故障时熔断隔离故障区段。排除故障后恢复供电时,需人工更换熔断器。它适合在主干线的分支线上安装。

过流脉冲计数型分段器在过流脉冲“记忆”次数达到整定次数后,即在前级开关设备切除线路时的无电流间隙内分闸。与熔断器比较,两者功能和应用条件类似,但分段器操作灵活,在永久故障分闸后不需要换设备,只需手动(或遥控)合闸恢复供电。

电压-时间型分段器具有无电压分闸和有电压重合闸功能,具备合闸短路电流的能力,而且可以手动(或遥控)操作分合闸,与重合器配合可应用于复杂的配电网,实现继电保护和重合闸功能,但当配电网发生故障时,分段器动作的数量多,且重合闸时间较长。

5. 短线路保护

随着配电网的规模和供电量的不断增大,110 kV 输电线路已大量进入城乡配电网的 110 kV 变电站,特别是在城网中,数千米乃至数百米的 110 kV 短线路正逐年增多。短线路采用三段电流保护或三段距离保护时无法保证动作的选择性,而采用高频保护虽能保证选择性,但线路两侧需装配复杂昂贵的高频收、发讯机,因此也不便采用。目前国内外还是广泛采用以短线路纵差保护为主保护,配置三段电流保护或三段距离保护为后备保护的保护方式。

6. 短线路纵差保护

由于线路长度短,如同发电机和变压器纵差动保护一样,用导引线将线路两端的电流信号联系起来进行两侧电流大小或相位的比较,以判断短路故障是发生在保护范围内还是保护范